

## **ОБУЧАЮЩАЯ ПРОГРАММА—ВИЗУАЛИЗАТОР АЛГОРИТМА МЕТОДА ПОТЕНЦИАЛОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЗАДАЧИ В СЕТЕВОЙ ПОСТАНОВКЕ**

*А.С. Борисик, А.В. Товкач, О.Б. Цехан*

*В статье рассматривается актуальность применения в процессе обучения программ-визуализаторов, графически иллюстрирующих работу алгоритмов по обработке данных. Описывается разработанная авторами обучающая программа, реализующая алгоритм метода потенциалов для транспортной задачи в сетевой постановке.*

### **Обучение при помощи визуализаторов**

С точки зрения системного подхода проведение занятий преподавателем можно рассматривать как систему, на которую влияет множество факторов. К факторам, имеющим наибольшую значимость, относятся: состав аудитории слушателей, техническая оснащенность лекционного помещения, затраты времени на подготовку лекционного материала. Задачей преподавателя является обеспечение наилучшего уровня подачи материала при минимизации трудозатрат по его подготовке. На сегодняшний день одно из решений данной задачи представляет собой использование визуализаторов при обучении[1].

Визуализатор – это программа, в процессе работы которой на экране компьютера динамически демонстрируется применение алгоритма к выбранному набору данных. При этом доступны режимы использования входных наборов, заготовленных заранее, либо вводимых с клавиатуры. Визуализаторы позволяют изучать работу алгоритмов в пошаговом режиме, аналогичном режиму трассировки программ [2].

### **Постановка транспортной задачи на сети**

Общая содержательная постановка задачи (организация грузоперевозок в транспортной сети, задача минимизации стоимости потока в сети с ограниченной пропускной способностью). Есть множество  $V$  географических пунктов, в которых сосредоточено производство некоторого однородного продукта. Для каждого пункта  $i \in V$  задана величина  $(b_i)$  – мощность пункта. Выпуск продукции осуществляется в пунктах производства, для которых  $b_i > 0$ . Остальные являются пунктами потребления ( $b_i < 0$ ). Также могут рассматриваться транзитные пункты (развилки), где  $b_i = 0$ . Пункты соединены дорогами (их множество обозначим  $D$ ), некоторые из которых имеют ограниченную пропускную способность ( $r_{ij} \geq 0, (i, j) \in D$ ). Стоимость перевозки груза по дороге  $(i, j)$  пропорциональна количеству груза, тариф перевозки единицы груза равен  $c_{ij} \geq 0, (i, j) \in D$ . Требуется обеспечить потребителей необходимым количеством продукции с минимальными суммарными затратами на перевозки.

## **Назначение визуализатора**

Визуализатор предназначен для решения транспортных задач в сетевой постановке методом потенциалов. Метод потенциалов является модификацией симплекс-метода решения задачи линейного программирования применительно к транспортной задаче. Он позволяет, отправляясь от некоторого базисного решения, получить оптимальное решение за конечное число итераций.

Актуальность разработки данного визуализатора обоснована отсутствием обучающих программ подобного типа, как в обучающем процессе, так и в свободном доступе в интернете.

## **Выбор среды реализации визуализатора**

Для разработки программного продукта была выбрана платформа Microsoft .Net Framework и язык программирования C#. Данная платформа в настоящее время динамично развивается и является одной из самых перспективных технологий для разработки прикладного программного обеспечения, именно поэтому она и была нами выбрана.

Платформа .NET Framework [3] — это управляемая среда выполнения, предоставляющая разнообразные службы запускаемым в ней приложениям. Она состоит из двух основных компонентов: общеязыковой исполняющей среды (CLR), являющейся механизмом, управляющим выполняющимися приложениями; и библиотеки классов .NET Framework, которая предоставляет библиотеку проверенного кода, предназначенного для повторного использования, который разработчики могут вызывать из своих приложений. Службы, которые платформа .NET Framework предоставляет работающим приложениям:

- Управление памятью.
- Общая система типов.
- Обширная библиотека классов.
- Платформы и технологии разработки.
- Взаимодействие языков.
- Совместимость версий.
- Параллельное выполнение.
- Настройка для различных версий.

## **Описание визуализатора**

Разработанный визуализатор алгоритма метода потенциалов для транспортной задачи в сетевой постановке обрабатывает набор входных данных и преобразует их по алгоритму в выходные. Входными данными для работы визуализатора являются: структура сети (веса вершин и рёбер), а также начальный базисный план. Выходными данными являются: визуальное отображение сети с базисным планом и посчитанными потенциалами для каждой итерации, а на последней итерации отображается оптимальный базисный план.

## Работа визуализатора

При работе с визуализатором возможен ручной ввод данных, а также реализована функция импорта данных из форматов XML, txt, xlsx, xls, CSV. Импортировать данные из документов с указанными форматами можно с помощью функции Меню -> Импорт данных, находящейся в шапке программы.

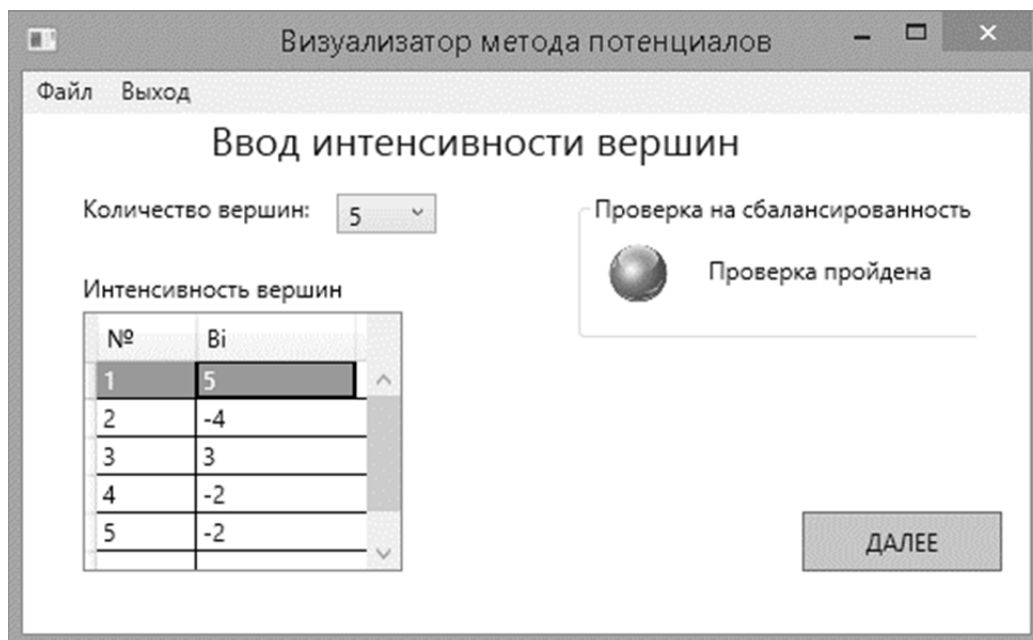


Рис.1 Окно ввода интенсивности вершин

При запуске визуализатора отображается окно ввода интенсивности вершин, с активной строкой для ввода количества вершин. После её заполнения появляется таблица с заданным количеством вершин в строках для ввода их интенсивности. Она содержит в себе столбец номера вершины и столбец для ввода её интенсивности. Ограничением по вводу является заполнение строк только цифрами. После ввода всех интенсивностей происходит проверка на сбалансированность сети: если сеть сбалансирована – появляется зелёный индикатор с подписью, что проверка на сбалансированность пройдена, в противном случае – красный индикатор с подписью, что сеть не сбалансирована. После заполнения всех необходимых данных и проверки сети на сбалансированность, кнопка “Далее” становится активной. При нажатии на неё появляется окно ввода стоимости рёбер.

Строка для ввода количества рёбер активна и по умолчанию содержит в себе минимально возможное значение. Ограничением для ввода количества рёбер является максимально возможное значение рёбер ——. Аналогично первому окну, после ввода количества рёбер появляется таблица с количеством строк соответствующему количеству рёбер для ввода их стоимости. Она содержит в себе 4 столбца: номер ребра (проставляется программой автоматически), начальную и конечную вершину, а также непосредственно стоимость ребра.

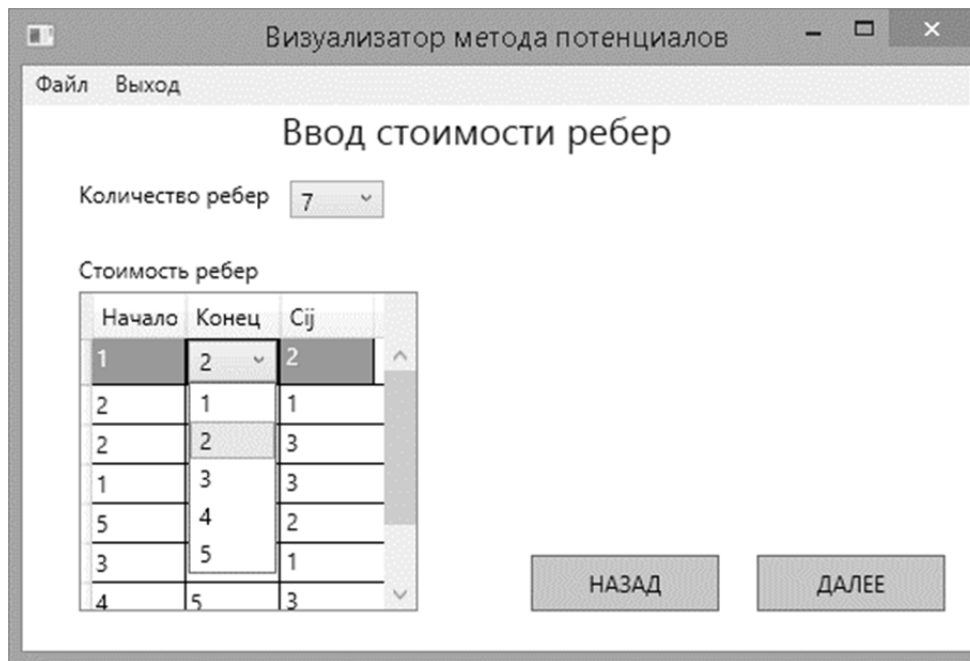


Рис.2 Окно ввода стоимости ребер

Ограничения для ввода:

1. ввести можно только цифры;
2. нельзя ввести номер вершины больший, чем номер наибольшей вершины из заданного количества вершин;
3. нельзя ввести ребро с двумя направлениями;
4. стоимости ребер неотрицательные ( $\geq 0$ ).

Если данные введены без ошибок, то кнопка “Далее” становится активной, в противном случае – появляется надпись о некорректно введённых данных с указанием соответствующей ошибки, кнопка “Далее” остаётся неактивной.

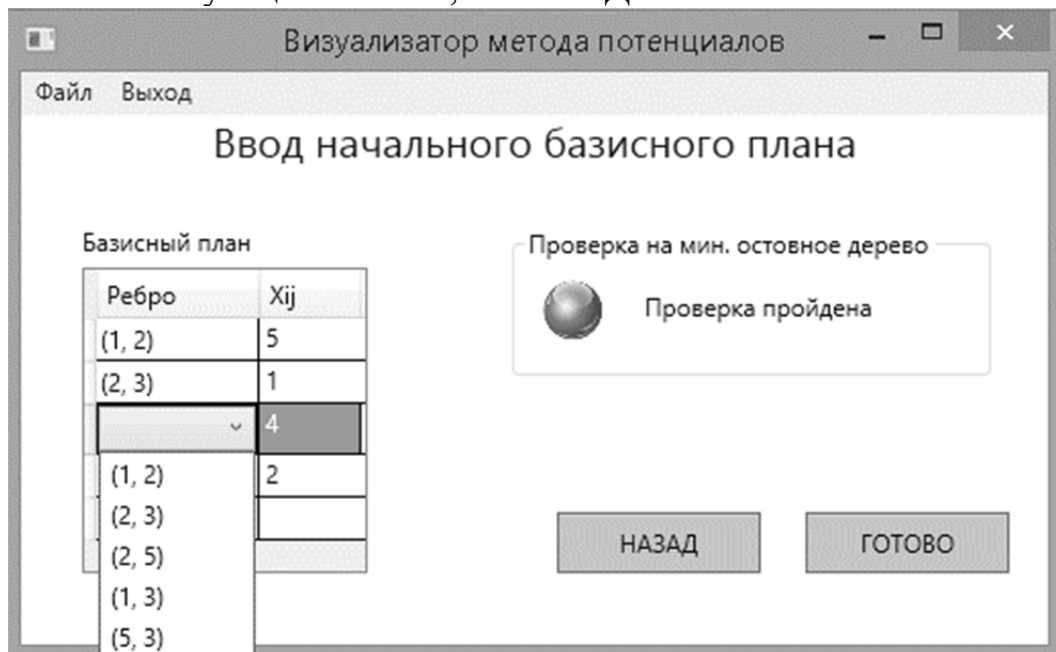


Рис.3 Окно ввода начального базисного плана

Третье окно представляет собой окно для ввода начального базисного плана (оно появляется только для сбалансированной сети (проверка осуществляется в первом окне), если сеть несбалансированная – данное окно

игнорируется, а открывается визуальное решение задачи). Таблица для ввода потока на рёбрах содержит в себе столбец ребро, с возможностью выбора из ниспадающего списка определённого ребра, введённого в прошлом окне программы, и столбец для ввода величины потока по каждому из рёбер. Количество строк в таблице составляет  $(n - 1)$ .

Ограничения для ввода:

1. ввести можно только цифры;
2. значения величины потока неотрицательны.

После ввода величин потока по каждому из рёбер программой производится проверка на минимальное остовное дерево. Если проверка пройдена успешно – появляется зелёный индикатор с подписью, что проверка на минимальное остовное дерево пройдена и кнопка “Далее” становится активной, в противном случае – красный индикатор с подписью, что проверка не пройдена и кнопка “Далее” остаётся неактивной.

На следующем шаге мы видим визуализацию первой итерации непосредственно метода потенциалов. Форму окна условно можно разбить на четыре части:

1. Транспортная сеть с реализованным методом потенциалов с информацией о:

- номере вершины;
- интенсивности вершины ( $b$ );
- потенциале вершины ( $u$ );
- базисных дугах (рёбра, выделенные синим);
- небазисных дугах (рёбра, выделенные голубым);
- потоке (на базисных дугах в кружках);
- стоимости перевозке (около дуг);
- дельта-оценках на небазисных дугах (в треугольниках);

2. Проверка на оптимальность: если есть отрицательные среди дельта-оценок, то проверка не пройдена, поэтому зелёным цветом помечается дуга с минимальной отрицательной дельта-оценкой, которая на следующей итерации вводится в базисный план.

3. Информация:

- номер итерации
- суммарная стоимость затрат -  $F(x)$ ;
- минимум из обратных дуг (направление задаёт зелёная дуга) в цикле -  $\square$ ;
- величина, на которую изменится функция затрат

4. Блок кнопок для перехода на первую (на первой итерации кнопка носит название “НАЗАД”, при нажатии на которую выводится предыдущее окно программы), последнюю, предыдущую и следующую итерацию.

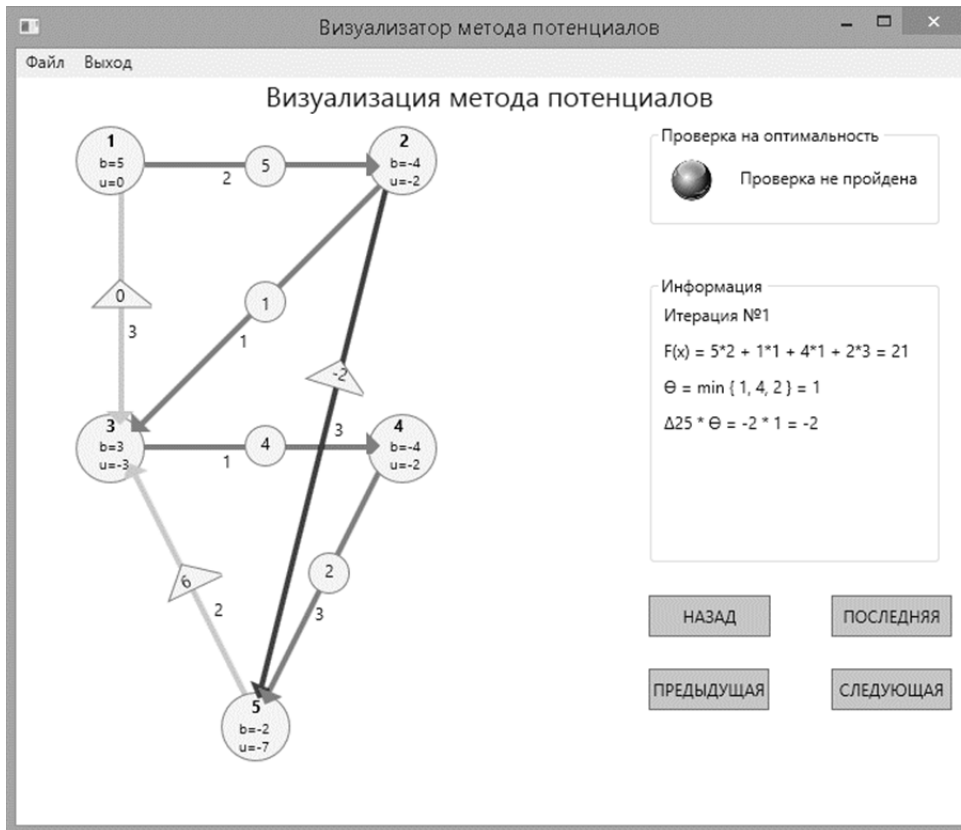


Рис.4 Окно визуализации метода потенциалов на первой итерации

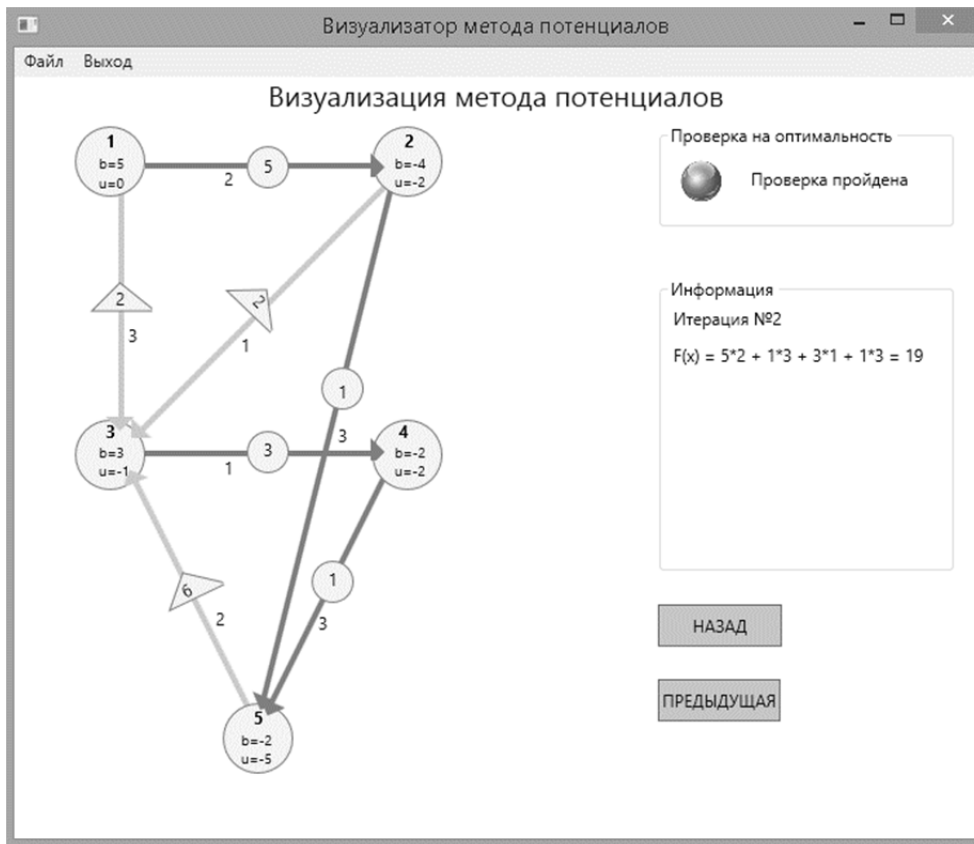


Рис.5 Окно визуализации метода потенциалов на последней итерации

Данное визуальное решение с дополнительной информацией можно экспортировать в формат XML, xlsx, xls, CSV (функция Меню -> Экспорт данных, которая находится в шапке программы).

## Подведение итогов

Разработанный визуализатор может использоваться как преподавателем, для объяснения решения транспортных задач в сетевой постановке методом потенциалов, так и студентами для самостоятельного изучения данной темы. Визуализатор интуитивно понятен и прост для освоения.

Перспективами развития данной темы является разработка единого программного комплекса по решению задач курса “Исследование операций в экономике”.

## Список литературы

1. Информационно-технологическое обеспечение образовательного процесса государств—участников СНГ. Сборник докладов международной интернет-конференции [Электронный ресурс] / Бесплатная библиотека научно-практических конференций. – 2013. - Режим доступа: <http://libed.ru/konferencii-tehnicheskie/66591-1-informacionno-tehnologicheskoe-obespechenie-obrazovatel'nogo-processa-gosudarstv-uchastnikov-sng-sbornik-dokladov.php>. – Дата доступа: 10.02.2016.
2. Корнеев, Г. А. Построение логики работы визуализаторов алгоритмов на основе автоматного подхода / Г.А. Корнеев, М.А. Казаков, А.А Шалыто // Труды X Всероссийской научно-методической конференции "Телематика-2003". СПб.: СПбГИТМО (ТУ), 2003. С. 378-379.
3. Начало работы с .NET Framework – MSDN – Microsoft [Электронный ресурс] / Microsoft. – 2016. – Режим доступа: [https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh425099\(v=vs.110\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/hh425099(v=vs.110).aspx). – Дата доступа: 10.02.2016.

*Борисик Александра Сергеевна, студентка Гродненского Государственного Университета имени Янки Купалы, факультета Экономики и Управления, специальности ИСиТ, borisik.aleksandra@gmail.com*

*Товкач Андрей Викторович, студент Гродненского Государственного Университета имени Янки Купалы, факультета Экономики и Управления, специальности ИСиТ, andrejtovkach@yandex.by*

*Цехан Ольга Борисовна, доцент кафедры математического и информационного обеспечения экономических систем Гродненского государственного университета имени Янки Купалы, кандидат физико-математических наук, cexan@yandex.ru.*